



О.В. Кузнецова

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Екатеринбург
2016

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инновационных технологий и оборудования деревообработки

О.В. Кузнецова

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Учебно-методическое пособие
для обучающихся по курсу «Основы строительного дела».
Направление 35.03.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств».
Все формы обучения

Екатеринбург
2016

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛБиДС.
Протокол № 2 от 15 октября 2015 г.

Рецензент – канд. техн. наук, профессор кафедры ИТОД Ю.Б. Левинский

Редактор Л.Д. Черных
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

Подписано в печать 12.05.16		Поз. 55
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,93	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

При расчете теплотехнического проекта наружных ограждающих конструкций зданий учитывается:

- благоприятный микроклимат зданий, то есть обеспечение температуры и влажности воздуха в помещении не ниже нормативных требований;
- количество тепла, теряемого зданием в зимнее время;
- температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая отсутствие образования на ней конденсата;
- влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

Создание микроклимата внутри помещения обеспечивается за счет:

- соответствующей толщины ограждающей конструкции;
- мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.

Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина ограждающей конструкции находится, исходя из:

- климатических показателей района строительства;
- санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации зданий и помещений;
- условий энергосбережения.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции. При этом сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче.

1. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА

В простейшем случае расчетная схема ограждений конструкций представляет собой плоскую конструкцию (плиту, стенку, пластину), разделяющую воздушные среды с разными температурами.

Ограждающая конструкция, выполненная из одного материала, называется *однородной*, а из нескольких материалов – *слоистой*.

В районах с жарким, сухим климатом, с положительной температурой в зимний период по [1] применение в наружных стеновых конструкциях:

- однородной каменной кладки;
- облегченной (трехслойной) каменной кладки с утеплителем из:
 - а) керамзитового гравия;
 - б) шлака;
 - в) легкого поризованного бетона;
 - г) шлакоблоков, газопеноблоков.

В панельном домостроении предусмотрено применение одно- или двухслойных панелей. Второй наружный слой железобетонной конструкции выполняется из легкого поризованного бетона. Соединяются отдельные

слои конструкции гибкими связями. Наружный теплоизоляционный слой требует обязательной фактурной отделки высококачественной штукатуркой или керамической фасадной плиткой.

В районах с холодным, влажным климатом по [1] в качестве стеновых ограждений применяются многослойные конструкции с высокоэффективным теплоизоляционным слоем. Располагаться теплоизоляционный слой должен внутри конструкции. Такое расположение материала обеспечивает его максимальную эффективность.

Допускается расположение теплоизоляционного материала снаружи здания (по фасаду) или внутри помещения только при его реконструкции [2].

В качестве теплоизоляционного материала применяют: жесткие и полужесткие минераловатные плиты; пенополистирол (литой и плитный); пенопласт (литой и плитный); пенополиуретан.

Обеспечение санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации зданий означает, что принятая конструкция ограждений должна обеспечить необходимую температуру и влажность воздуха согласно СНиП для данного вида зданий.

Условия энергосбережения выполняются в том случае, если принятая конструкция стен и покрытия позволяет при меньших энергозатратах (уменьшение температуры теплоносителя с 90 до 60...70 °С) обеспечить в здании необходимую (согласно СНиП) температуру и влажность воздуха, т.е. обеспечить оптимальный микроклимат в здании.

Через ограждающую конструкцию проходит тепловой поток (рис.1). При установившемся тепловом потоке, т.е. при постоянных значениях температур воздуха, прилегающего к теплой и холодной поверхностям ограждающей конструкции, количество тепла Q , (Вт), проходящего через конструкцию, может быть определено по закону Фурье:

$$Q = (t_g - t_n) \frac{\lambda}{\delta} Fz, \quad (1)$$

где t_g, t_n – температуры теплового и холодного воздуха, омывающие ограждение, °С;

F – площадь ограждающей конструкции, через которую проходит тепловой поток, м²;

z – время передачи тепла, в часах;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м²·°С);

δ – толщина ограждения, м.

Из формулы (1) следует:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(t_g - t_n)Fz}. \quad (2)$$

Если в этой формуле принять $\delta, F, z, (t_g - t_n)$ за единицу, то $\lambda = Q$.

Коэффициент теплопроводности (λ) является одной из основных теплотехнических характеристик строительных материалов.

Коэффициент теплопроводности зависит прямо пропорционально от влажности материала, т.е. с увеличением влажности коэффициент теплопроводности увеличивается, точно такая же зависимость и от плотности материала.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

При передаче тепла через ограждающую конструкцию происходит падение температуры от $t_{\text{в}}$ до $t_{\text{н}}$ (рис. 1). Причем общий температурный перепад $t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ состоит из трех частных перепадов.

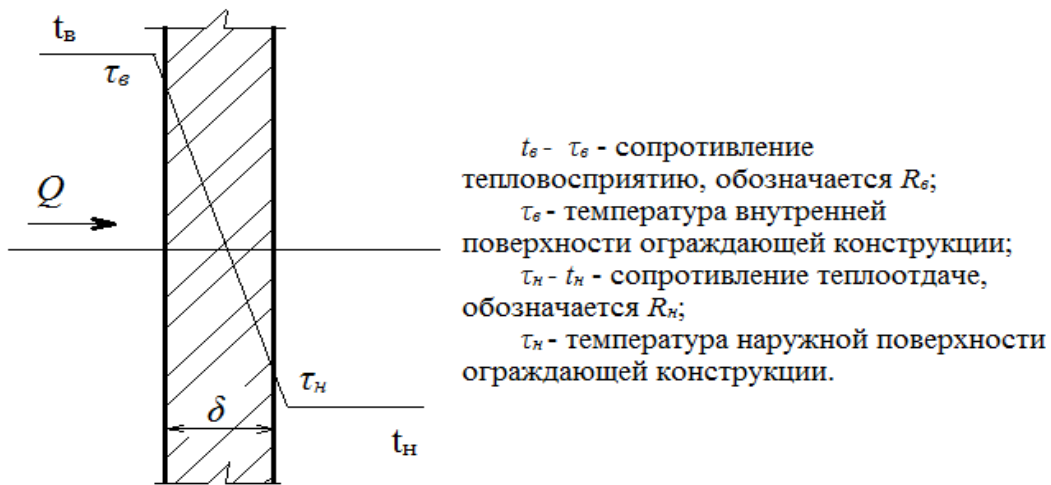


Рис. 1. Схема теплового потока и характера распределения температур в однородной конструкции

В технологических расчетах сопротивление тепловосприятию $R_{\text{в}}$ и сопротивление теплоотдаче $R_{\text{н}}$ принимаются за постоянные величины, $R_{\text{в}} = 0,133 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$; $R_{\text{н}} = 0,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

$\tau_{\text{в}} - \tau_{\text{н}}$ — термическое сопротивление ограждающей конструкции, обозначается R .

2.1. Термическое сопротивление

Термическое сопротивление однородной конструкции R , $(\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, определяется:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3)$$

где δ — толщина слоя, м;

λ — коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт/ (м}^2 \cdot \text{°C)}$, (табл. П1) с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций (табл. П3). Для определения условий эксплуатации ограждающих конструкций (А и Б) необходимо:

- по рис. П2 определить зону влажности района строительства;
- по табл. П2 определить влажностный режим помещений.

Термическое сопротивление слоистой конструкции R_k , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, равно сумме термических сопротивлений всех слоев:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{\text{в.п.}}, \quad (4)$$

где $R_1, R_2 \dots R_n$ – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, определяемое по формуле (3);

$R_{\text{в.п.}}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки (табл. П4).

2.2. Сопротивление теплопередаче

Сопротивление теплопередаче – R_o , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, ограждающей конструкции определяют по формуле

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (5)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций (табл. П5);

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, определяемое для однородной (однослойной) по формуле (3), для многослойной по формуле (4).

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимается по табл. П6.

2.3. Требуемое сопротивление теплопередаче

Требуемое сопротивление теплопередаче R_o^{mp} , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, ограждающих конструкций определяем по формуле

$$R_o^{mp} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (6)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по табл. П7;

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$, принимаемая согласно ГОСТ 30494-2011 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (на занятиях примем для жилых помещений $t_{\text{в}} = (20 \div 22) ^\circ\text{C}$, для производственных $t_{\text{в}} = (18 \div 20) ^\circ\text{C}$);

$t_{\text{н}}$ – зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. П8);

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. П9;

α_B – то же, что в формуле (5).

2.4. Сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения

Сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения $R_o^{эн}$ принимается в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП):

$$ГСОП = (t_e - t_{от.пер.}) \cdot Z_{от.пер.}, \quad (7)$$

где t_B – то же, что в формуле (6);

$t_{от.пер.}$ – средняя температура отопительного периода, °С (табл. П8);

$Z_{от.пер.}$ – продолжительность отопительного периода, сут., со среднесуточной температурой воздуха ниже или равной 8 °С (табл. П8).

В соответствии со СНиП II-3-79 Строительная теплотехника [3] сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{mp} , определяемого из санитарно-гигиенических и комфортных условий, а также приведенного сопротивления теплопередаче сбережения $R_o^{эн}$.*

$$R_o^{mp} \leq R_o \leq R_o^{эн}. \quad (8)$$

Расчетное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_o^{расч}$ принимается равным большему из полученных значений.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛЯЮЩЕГО СЛОЯ

Из формул (4) и (5) находим термическое сопротивление утеплителя $R_{ут}$, (м²·°С)/Вт:

$$R_{ут} = \left(R_o^{расч} - \frac{1}{\alpha_e} - \sum R_{к-ут} - \frac{1}{\alpha_n} \right), \quad (9)$$

где $R_{к-ут}$ – суммарное термическое сопротивление всех конструктивных слоев (всех слоев, кроме утеплителя), Вт/(м²·°С), термическое сопротивление каждого слоя определяется по формуле (3).

Примечание:

1. Если в конструкции применена воздушная прослойка, вентилируемая наружным воздухом, то слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждения, учитываются при определении R_k .

2. Допускается на занятиях не учитывать теплопроводные металлические включения в конструкциях стен (арматурные гибкие связи в многослойных конструкциях).

3. Замкнутые воздушные прослойки в наружных стенах допускается предусматривать высотой не более высоты этажа и не более 6 м.

Тогда толщина утеплителя δ_{yt} , м, равна:

$$\delta_{yt} = \lambda_{yt} \cdot R_{yt}, \quad (9)$$

где λ_{yt} – коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м²·°C), (табл. П1).

4. ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Степень массивности ограждений устанавливаем по характеристике их тепловой энергии D :

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n,$$

где S_1, S_2, S_n – коэффициенты теплоусвоения материалов слоев (при периоде 24 часа), в ккал/м²·ч·град (табл. П1);

R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт, определяемое по формуле (3).

Величина тепловой инерции используется для оценки теплоустойчивости ограждения, которая характеризует способность ограждения сохранять относительно постоянной температуру внутренней поверхности при колебаниях теплового потока.

В соответствии с требованиями СНиП РК 2.04-03-2002 все ограждающие конструкции делятся на массивные ($D > 7$), средней массивности ($4 < D \leq 7$), малой массивности ($1,5 < D \leq 4$) и легкие ($D \leq 1,5$).

5. ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Определить сопротивление теплопередачи и оптимальную толщину наружной стены жилого здания.

Исходные данные:

- район строительства – г. Курган;
- ограждающая конструкция - наружная стена;
- температура внутреннего воздуха $t_{в} = + 20$ °C [4];
- относительная влажность воздуха $\omega = 50$ % [4].

Конструкция стены принята в соответствии:

δ_1 – кладка из керамического пустотного кирпича $\gamma = 1000$ кг/м³ на цементно-песчаном растворе, толщина 120 мм;

δ_2 – утеплитель из пенополистирола $\gamma = 40$ кг/м³;

δ_3 – кладка из силикатного кирпича на цементно-песчанном растворе, толщиной 250 мм.

Величины теплотехнических показателей и коэффициентов: $n = 1$; $t_{н} = -37$ °C; $\Delta t^H = 4$; $t_{от.пер.} = - 8,7$ °C; $Z_{от.пер.} = 217$ сут.; $\alpha_{в} = 8,7$; $\alpha_{н} = 23$; $\lambda_1 = 0,47$; $\lambda_3 = 0,76$; $\lambda_2 = 0,041$; зона влажности 3 - сухая (по табл. из приложения); влажностный режим помещений сухой.

Решение

1) требуемое сопротивление теплопередаче R_o^{mp} , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле (6):

$$R_o^{mp} = \frac{n(t_g - t_n)}{\Delta t^n \alpha_g} = \frac{1(20 - (-37))}{4 \cdot 8,7} = 1,64.$$

2) сопротивление теплопередаче $R_o^{эн}$ по условиям энергосбережения по формуле (7): $ГСОП = (t_g - t_{от.пер.}) Z_{от.пер.} = (20 - (-8,7)) \cdot 217 = 6228 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$

Интерполяцией по табл. П10 определяем: $R_o^{эн} = 3,58 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$. Далее в расчетах будем применять $R_o^{расч}$ как максимальное из R_o^{mp} и $R_o^{эн}$.

3) определение требуемой толщины утеплителя

$$R_o^{расч} = \frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n}.$$

Отсюда

$$\delta_2 = \lambda_2 \left(R_o^{расч} - \frac{1}{\alpha_g} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_n} \right) = 0,041 \left(3,58 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,12}{0,47} - \frac{0,25}{0,76} - \frac{1}{23} \right) = 0,116 \text{ м.}$$

Округляем толщину утеплителя до 0,12 м (кратно размерам кирпича). Тогда с учетом размеров вертикальных растворных швов равных 10 мм общая толщина наружной стены будет равна: $120 + 20 + 120 + 250 = 510 \text{ мм} = 0,51 \text{ м.}$

После определения толщины стены проверяем, правильно ли была принята степень массивности стены.

$$D = \frac{0,12}{0,47} \cdot 7,01 + \frac{0,25}{0,76} \cdot 9,77 + \frac{0,12}{0,041} \cdot 0,65 = 6,9,$$

что отвечает требованиям для среднемассивного ограждения $4 < D < 7$.

Таким образом, приняв толщину кирпичного слоя равной 0,51 м, толщина штукатурки 2 см, общая толщина наружной стены жилого помещения будет равна 0,53 м.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Нормативные и расчетные характеристики (справочный материал)

Таблица П1

Теплотехнические показатели строительных материалов
и конструкций по [3]

Материал	Плот- ность γ_n , кг/м ³	Расчетные коэффициенты (при условии эксплуатации по табл. ПЗ) □			
		теплопроводно- сти λ , Вт/(м ² ·°C)		теплоусвоения S , Вт/(м · °C)	
		А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6
I. Бетоны и растворы □					
1. Железобетон	2500	1,92	2,04	17,98	18,95
2. Туфобетон	1200	0,41	0,47	6,38	7,20
3. Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1200	0,44	0,52	6,36	7,57
4. Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,52	0,58	6,77	7,72
5. Газо- и пенобетон	1000	0,41	0,47	6,13	7,09
6. Газо- и пенозолобетон	1000	0,44	0,50	6,86	8,01
7. Цементно-песчаный раствор □	1800	0,76	0,93	9,60	11,09
8. Раствор (песок, известь, цемент) □	1700	0,70	0,87	8,95	10,42
9. Известково-песчаный раствор	1600	0,70	0,81	8,69	9,76
10. Цементно-шлаковый раствор	1400	0,52	0,64	7,00	8,11
11. То же	1200	0,47	0,58	6,16	7,15
12. Плиты из гипса	1200	0,41	0,47	6,01	6,70
13. То же	1000	0,29	0,35	4,62	5,28
14. Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	800	0,19	0,21	3,34	3,66
II Кирпичные кладки					
15. Глиняного обыкновен. (СТРК 530 – 2002) на цементнопесчаном растворе	1800	0,70	0,81	9,20	10,12
16. Кирпичная кладка из сплошного силикатного кирпича на цементно- песчаном растворе □	1800	0,76	0,87	9,77	10,90
17. Кирпичная кладка из керамич. пу- стотного кирпича плотностью 1300 кг/м ³ на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58	7,01	7,56
III Дерево, изделия из него и других природных органических материалов					
18. Сосна и ель поперек волокон (ГОСТ 8486-86*Е, ГОСТ 9463-88*)	500	0,14	0,18	3,87	4,54
19. Сосна и ель вдоль волокон	500	0,29	0,35	5,56	6,33

Окончание табл. П1

1	2	3	4	5	6
20. Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462–88*, ГОСТ 2695–83*)	700	0,18	0,23	5,00	5,86
21. Дуб вдоль волокон	700	0,35	0,41	6,90	7,83
22. Фанера клееная (ГОСТ 3916.1–96) (3916.2–96)	600	0,15	0,18	4,22	4,73
23. Плиты древесноволокнистые и древесностружечные (ГОСТ 4598-86*, ГОСТ 10632-89*)	1000	0,23	0,29	6,75	7,70
24. То же	800	0,19	0,23	5,49	6,13
25. Плиты древесноволокнистые и древесностружечные (ГОСТ 4596-75* ГОСТ 10632-89*)	600	0,13	0,16	3,93	4,43
26. То же	400	0,11	0,13	2,95	3,26
27. То же	200	0,07	0,08	1,67	1,81
28. Арболит (ГОСТ 19222–84) на портландцементе	800	0,24	0,30	6,17	7,16
29. То же	600	0,18	0,23	4,63	5,43
30. То же	400	0,13	0,16	3,21	3,70
31. То же	300	0,11	0,14	2,56	2,99
IV Теплоизоляционные материалы □					
17. Плиты мягкие, жесткие и полужесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих	350	0,09	0,11	1,46	1,72
32. То же □	300	0,087	0,09	1,32	1,44
33. То же	200	0,076	0,08	1,01	1,11
34. То же □	100	0,06	0,07	0,64	0,73
35. То же	50	0,052	0,06	0,42	0,48
36. Пенополистирол	150	0,042	0,045	-	-
37. То же	100	0,047	0,044	-	-
38. Пенополистирол (ГОСТ 15588–86)	40	0,052	0,06	0,89	0,99
39. Пенопласт ПХВ–1	125	0,041	0,052	0,65	0,82
40. То же	100	0,06	0,064	0,86	0,99
41. Пенополиуретан	80	0,05	0,052	0,68	0,70
42. То же	60	0,05	0,05	0,67	0,70
43. То же	40	0,04	0,04	0,40	0,42
30. Гравий керамзитовый	800	0,21	0,23	3,36	3,60
31. Гравий керамзитовый	400	0,13	0,14	1,87	1,99
32. Перлитопластобетон	200	0,052	0,06	0,93	1,01
33. Перлитопластобетон	100	0,041	0,05	0,58	0,66
V Материалы кровельные, гидроизоляционные					
34. Рубероид	600	0,17	0,17	3,53	3,53
VI Металлы □					
35. Сталь листовая (профлист) ГОСТ 10884-81	7850	58	58	126,5	126,50

Таблица П2

Определение влажностного режима помещений

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12 °С	св. 12 до 24 °С	св. 24 °С
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

Таблица П3

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности по [3]

Влажностный режим помещений (по табл. П2)	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности (по рисунку 2)		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Таблица П4

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек по [3]

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, R _{в.п} II, (м ² · °C)/Вт□			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной □		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке □			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,10	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание. При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

Таблица П5

Значение коэффициента теплоотдачи по [3]

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{в}$ Вт/(м ² ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию между ребрами $\frac{h}{a} \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $\frac{h}{a} > 0,3$	7,6
3. Зенитных фонарей	9,9
<i>Примечание.</i> Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$ внутренней поверхности ограждающих конструкций живодноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии со СНиП 2.10.03-84.	

Таблица П6

Значение коэффициента теплоотдачи для зимних условий

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, $\alpha_{н}$ Вт/(м ² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительноклиматической зоне)	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительноклиматической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Таблица П7

Значение коэффициента n по [3]

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1,0
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Таблица П8

Данные для теплотехнического расчета по [1]

Город	Температура хол- лодной пятидневки	Температура отопительного периода	Продолжитель- ность отопитель- ного периода	Город	Температура хол- лодной пяти- дневки	Температура отопительного периода	Продолжитель- ность отопитель- ного периода
1	2	3	4	1	2	3	4
Барнаул	-39	-8,3	219	Краснодар	-19	1,5	152
Бийск	-38	-8,7	222	Новороссийск	-13	4,4	134
Астрахань	-23	-1,6	172	Караганда	-32	-7,5	212
Уфа	-35	-6,6	214	Красноярск	-39	-7,2	235
Белгород	-23	-2,2	196	Куйбышев	-30	-6,1	206
Брянск	-26	-2,6	206	Курган	-37	-8,7	217
Владимир	-28	-4,4	217	Курск	-26	-3	198
Волгоград	-25	-3,4	182	Ленинград	-26	-2,2	219
Воронеж	-26	-3,4	199	Йошкар-Ола	-34	-6,1	220
Горький	-30	-4,7	218	Саранск	-30	-4,9	210
Иваново	-29	-4,4	217	Москва	-26	-3,6	213
Братск	-43	-10,3	245	Мурманск	-27	-3,3	281
Иркутск	-37	-8,9	241	Новгород	-27	-2,6	220
Тайшет	-40	-8,5	244	Новосибирск	-39	-9,1	227
Киров	-33	-5,8	231	Пенза	-29	-5,1	206
Петрозаводск	-29	-3,3	242	Пермь	-35	-6,4	226

Окончание табл. П8

1	2	3	4	1	2	3	4
Ухта	-31	-4,4	258	Псков	-26	-2	212
Кемерово	-39	-8,8	232	Омск	-37	-9,5	220
Саратов	-27	-5	193	Уренгой	-46	-13	284
Нижний Тагил	-36	-6,6	238	Ижевск	-34	-6	223
Екатеринбург	-35	-6,4	228	Актюбинск	-31	-7,3	203
Томск	-40	-8,8	234	Эмба	-30	-6,9	197
Тамбов	-28	-4,2	202	Барнаул	-33	-6,4	208
Казань	-32	-5,7	218	Уральск	-31	-6,5	199
Сургут	-43	-9,7	257	Чебоксары	-32	-5,4	217
Тюмень	-37	-7,5	220	Челябинск	-34	-7,3	218

Таблица П9

Значение нормируемого температурного перепада по [3]

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt^H , °С,		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0
2. Общественные, кроме указанных в п.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$(t_b - t_p)$, но не более 7	$0,8(t_b - t_p)$, но не более 6	2,5
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$(t_b - t_p)$	$0,8(t_b - t_p)$	2,5
5. Производственные здания со значительными избытками явного тепла (более 23 Вт/м)	12	12	2,5
Обозначения, принятые в табл. П9: t_b - то же, что в формуле (6); t_p - температура точки росы, °С, при расчетной температуре и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым по ГОСТ 12.1.005-88, СНиП 2.04.05-91 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений.			

Таблица П10

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{эн}$

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{эн}$, $\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,30	0,30
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,60	0,40
	8000	4,2	6,2	5,5	0,70	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,50
	12000	5,6	8,2	7,3	0,80	0,55
Общественные, кроме указанных выше, администр. и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,30	0,30
	4000	2,4	3,2	2,7	0,40	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,50	0,40
	8000	3,6	4,8	4,1	0,60	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,70	0,50
	12000	4,8	6,4	5,5	0,80	0,55
Производственные с сухим и нормальными режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,20
	4000	1,8	2,5	1,8	0,30	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,30
	8000	2,6	3,5	2,6	0,40	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,40
	12000	3,4	4,5	3,4	0,50	0,45
Примечание. Промежуточные значения $R_o^{эн}$ следует определять интерполяцией						

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативная литература

1. СНиП РК 2.04-03-2002. Строительная теплотехника.
2. СНиП 2.08.01-90. Жилые здания.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
4. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

Рекомендуемая литература

Маклакова Т.Г. Конструкции гражданских зданий: Учебник для ВУЗов / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова. – М.: Издательство АСВ, 2002. – 272 с.

Маклакова Т.Г. Проектирование жилых и общественных зданий: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: ВШ, 1998. – 400 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Расчетная схема	3
2. Определение сопротивлений	5
2.1. Термическое сопротивление	5
2.2. Сопротивление теплопередаче	6
2.3. Требуемое сопротивление теплопередаче	6
2.4. Сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения..	7
3. Определение толщины утепляющего слоя	7
4. Тепловая инерция ограждающей конструкции	8
5. Пример теплотехнического расчета ограждающей конструкции.....	8
Приложения.....	10
Список литературы.....	18